



Maatilan energiatehokkuuden parantaminen

Niklas Töyräskoski

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2024

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

TÖYRÄSKOSKI, NIKLAS:
Maatilan energiatehokkuuden parantaminen

Opinnäytetyö 42 sivua
Huhtikuu 2024

Maatilojen energiankulutus on merkittävää. Energiatehokkuus on tärkeässä asemassa, kun tarkastellaan tilojen kannattavuutta pitkällä aikavälillä. Opinnäytetyössä käytiin lävitse maatilojen merkittävimpiä sähkönkuluttajia sekä esitettiin tapoja ja ratkaisuja, joilla energiatehokkuutta voitaisiin parantaa ja samalla saavuttaa pienempi energiankulutus.

Opinnäytetyössä tehtiin kirjallisuuskatsaus, jonka tulokset perustuivat tiloilla tehtyihin tutkimustuloksiin. Tutkimuksen kohteena olivat lypsäminen, maidon varastointi, lannanpoisto, ruokinta, valaistus, ilmanvaihto sekä viljan kuivaus. Tulosten mukaan erilaisilla ratkaisuilla ja järjestelmillä oli mahdollista saavuttaa vuosittain huomattaviakin, jopa kymmenien prosenttien säästöjä energian- ja sähkönkulutuksessa eri ratkaisujen ja menetelmien avulla, joista kaikki eivät edes vaatisi suuria investointeja tai muutoksia. Tämän lisäksi investointeihin on mahdollista hakea tukirahoitusta, jolloin takaisinmaksuaika olisi vielä entistäkin lyhyempi.

Tiloilla huomioitavat asiat tulisi aina arvioida tapauskohtaisesti. Olisikin tärkeää selvittää paras ja toimivin ratkaisu, jolloin saavutettaisiin suurin hyöty sekä säästö. Väärät valinnat voivat johtaa jopa suurempiin kuluihin, jolloin investointi ei maksaisi itseään takaisin. Opinnäytetyö osoitti, että energiatehokkuutta parantavia investointeja kannattaa tehdä kulutuksen vähentämisen lisäksi myös työn-
teon helpottamisen sekä eläinten ja ihmisten viihtyvyyden vuoksi.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Systems

TÖYRÄSKOSKI, NIKLAS:
Improving the Energy Efficiency of a Farm

Bachelor's thesis 42 pages
April 2024

The purpose of this thesis was to explore ways to improve energy efficiency on farms. The aim was to identify solutions that not only enhance energy efficiency but also lead to savings in energy costs on the farm.

The research findings were based on results and solutions presented in various sources. The studies demonstrated the efficiency of different systems. Additionally, different solutions were compared in the studies, enabling an estimation of the potential savings each solution could bring. Efficient and comfortable facilities were also shown to impact milk productivity and were indeed key to the profitability of the farm.

According to the research, savings could be achieved even with small investments. Additionally, it would be possible to obtain financial support for investments, further shortening the payback period. However, acquisitions should be considered on a case-by-case basis as farms and their operations vary. Thus, there is not just one correct solution. Wrong purchases and investments might not necessarily yield savings, thereby not paying for themselves in the long run.

Key words: farm, energy efficiency

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	ENERGIATEHOKKUUS	6
	2.1 Lainsäädäntö	7
3	LYPSYPROSESSIN ENERGIANKULUTUS	10
	3.1 Lypsäminen.....	10
	3.1.1 Automaattinen lypsy	10
	3.1.2 Perinteinen lypsy	11
	3.2 Maidon varastoiminen	12
	3.2.1 Laitteiden valinta.....	13
	3.2.2 Käyttötavat ja -olosuhteet.....	14
	3.2.3 Maidon esijäähdytys ja lämmöntalteenotto.....	15
4	RUOKINTA	18
	4.1 Väkirehun- ja nurmisäilörehunsiirto	18
	4.2 Rehun laadun parantaminen	19
5	LANNANPOISTO	21
	5.1 Lannanpoisto parsinavetassa	21
	5.2 Lannanpoisto pihatossa	22
	5.3 Pumppaus	22
6	VALAISTUS	24
	6.1 Led-valoputket.....	25
	6.2 Led-valaisimet.....	27
7	ILMANVAIHTO	28
8	VILJAN KUIVAUS	31
	8.1 Kuivauslämpötila.....	32
	8.2 Kuivurin kunto	32
	8.3 Kuivurityypit.....	33
	8.3.1 Kylmä- ja lämminilma sekä varastokuivurit.....	33
	8.3.2 Erä- ja jatkuvatoimiset kuivurit.....	34
	8.4 Polttoaine	34
	8.5 Muut säilöntämenetelmät	35
	8.5.1 Ilmatiivis varastointi	36
	8.5.2 Kokojyväsäilöntä.....	37
	8.5.3 Murskesäilöntä	37
9	POHDINTA	39
	LÄHTEET.....	40

1 JOHDANTO

Maatalousrakennukset ovat tärkeässä asemassa maatalouden menestykselle ja kannattavan toiminnan kannalta. Toimivat ja viihtyisät tilat näkyvät tuotavuudessa, jonka lisäksi ne tuovat myös säästöä energiakustannuksissa. Energiatehokkaan maatalousrakennuksen suunnitteluun kuuluu sopivien laitteiden ja materiaalien valinta, jonka lisäksi tulee huomioida pohjaratkaisut sekä suuntaus energiaterhokkaan toteutuksen saavuttamiseksi. (Farm energy, 2019a.)

Maatiloilla energiankulutus on suurta ja sähkön hintakriisi on näkynyt myös tilastoissa, joiden mukaan maatalouden sähkönkulutus on laskenut Suomessa vuodesta 2021 jopa neljätoista prosenttia. Energiaterhokkuus jää nykyään usein myös huomioimatta mautilojen uudisrakentamisessa niiden tuomien lisäkustannusten vuoksi rakennusvaiheessa. Rakennusten puutteellinen energiaterhokkuuden suunnittelu ja toteutus saattaa vaikuttaa negatiivisesti tilan taloudelliseen kannattavuuteen. Myös olemassa oleville tiloille voidaan tehdä paljon muutoksia, joilla energiaterhokkuutta voidaan parantaa merkittävästi. (Farm energy, 2019a; Salomaa, 2023.)

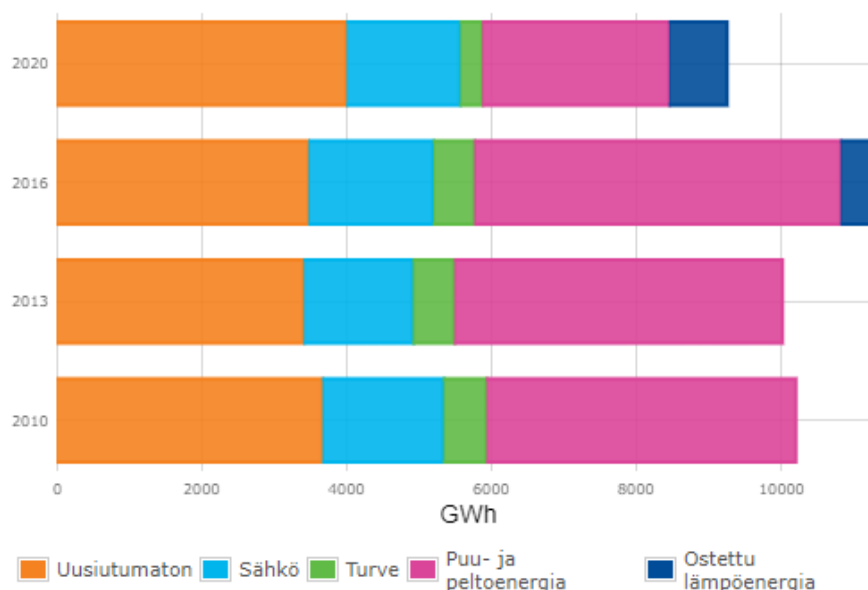
Tässä opinnäytetyössä perehdytään yleisesti lypsykarjatilojen energiaterhokkaiisiin tekijöihin sekä tutkitaan tapoja, joilla tuotantoa voitaisiin parantaa ja miten kustannuksissa voitaisiin säästää. Aluksi käydään energiaterhokkuus yleisellä tasolla läpi sekä tutustutaan sen lainsäädäntöön ja asetuksiin. Lopuksi pohditaan vielä käytyjä asioita.

2 ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuudella tarkoitetaan energian tuottamista ja sen kuluttamista mahdollisimman tehokkaasti niin että energiaa voidaan käyttää vähemmän tinkimättä kuitenkaan sen tarpeesta. Energiatehokkuuden parantamisella vähennetään hiilidioksidipäästöjä ja pienennetään energiankulutusta, joka taas tuottaa kustannussäästöjä. Lisäksi energiaa säästämällä turvataan sen saatavuus sekä vähennetään tuontienergian tarvetta muualta. (Energiavirasto, n.d.-a.)

Energiansäästötoimissa ja energiankäytön tehokkuudessa Suomi on kansainvälisesti johtavia maita. Tähän tulokseen on päästy tuottamalla kustannustehokkaita ratkaisuja sekä rakennusten energiatehokkuuden edistämiseen kohdistetulla sopimusjärjestelmällä. Energiatehokkuussopimukset ovat Euroopan unionin (EU) keskeinen keino energiatehokkuusdirektiivin velvoitteiden toimeenpanolle Suomessa. Eri tahojen, kuten ministeriöiden, yritysten, yhteisöjen ja toimialaliittojen välisillä vapaaehtoisilla energiatehokkuussopimuksilla edistetään energiatehokkuuden toteutusta eri toimialoilla. Hyviä esimerkkejä onnistuneista energiasäästöistä ovat mm. sähkön ja lämmön yhteistuotanto, energiakatselmusten järjestelmällinen toteuttaminen ja vapaaehtoisten energiatehokkuussopimusten kattavuus. (Energiavirasto, n.d.-b; Työ- ja elinkeinoministeriö, 2023.)

Maatalouden energiankulutus on pieni osa Suomen sähkön- ja energian kulutuksesta. Vuosien saatossa energiankulutus on vähentynyt maa- ja puutarhataloudessa (Kuva 1) ja eniten energiaa maataloudessa kuluukin viljan viljelyyn sekä lypsykarjatalouden harjoittamiseen. Luonnonvarakeskuksen tekemän selvityksen mukaan maa- ja puutarhataloudessa sähköä kulutettiin yhteensä n. 1,57 terawattituntia (TWh) vuonna 2020, joka vastasi Suomen kokonaiskulutuksesta noin 2 % samana vuonna. (Luonnonvarakeskus, 2022; Tilastokeskus, 2021.)



KUVA 1. Maa- ja puutarhatalouden energiankulutus (Luonnonvarakeskus, 2022.)

Energiaa kului vuonna 2020 maa- ja puutarhataloudessa yhteensä 9261 gigawattituntia (GWh), joka vastaa 3 % Suomen energian kokonaiskulutuksesta. Energiamäärältään eniten kului moottoripolttoöljyä 2859 GWh ja metsähaketta 2400 GWh. Lukuun ottamatta sähkön osuutta lämmön tuotannossa, oli uusiutuvan puu- ja peltoenergian osuus 55 %. (Luonnonvarakeskus, 2022.)

2.1 Lainsäädäntö

Energiatehokkuuden kansallinen lainsäädäntö Suomessa perustuu suurilta osin EU:n velvoitteisiin ja tavoitteisiin. EU asettaa sääteleviä asetuksia ja direktiivejä, joita toteutetaan Suomessa kansallisesti ja lisäykset tuodaan maakohtaisten tarpeiden ja tapojen mukaan. Lisäksi Yhdistyneiden kansakuntien (YK) jäsenmaat ovat sopineet ilmaston lämpenemistä käsittelevän sopimuksen vuonna 1992, johon sitoutuneet valtiot lupaavat leikata kasvihuonekaasupäästöjään sovittujen prosenttimäärien mukaan. Vuonna 2015 Pariisissa solmittiin uusi YK:n puitesopimusta täydentävä sopimus, jonka mukaan vuodesta 2020 alkaen päästöjä vähennetään maailmanlaajuisesti. (ST-ohjeisto 15 Rakennusten energiatehokkuus 2017.)

Energiatehokkuuden parantaminen on osa kansallista ja EU:n energia- ja ilmastopolitiikkaa. Yleisesti energiatehokkuutta ohjaa EU:n energiatehokkuusdirektiivit

EED ja rakennusten energiatehokkuutta ohjaa EPBD. Näillä säädetään EU- ja kansallisen tason energiatehokkuustavoitteista, kansallisesta energiansäästövelvoitteesta sekä monista energiatehokkuuden parantamisen toimenpiteistä. (Motiva, 2023a, 2023b.)

Maa- ja metsätalousministeriö on asettanut rakennusteknisiä ja toiminnallisia vaatimuksia tuettavalle lypsykarjarakennusten rakentamiselle. Asetuksessa (8/2012) veloitetaan suunnittelussa kuitenkin noudattamaan ”Suomen rakentamismääräyskokoelman määräyksiä ja ohjeita, eläinsuojelulakia (247/1996) ja sen nojalla annettuja eläinsuojelusäädöksiä sekä ympäristöhallinnon ympäristönsuojeluvaatimuksia”. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 8/2012.)

Valtiolta tai kunnilta on mahdollista saada tukea energiatehokkuutta parantaviin hankkeisiin sekä uusiutuvan energian käyttöä lisäävien järjestelmien hankintoihin. Lisäksi yksityisenä liiketoimena voi saada rahoitusta, joka on yleistymässä energiatehokkuusrahoittajana. Tällä tarkoitetaan sitä, että lainat maksetaan takaisin tehdyillä energiamaksujen säästöillä. (ST-ohjeisto 15 Rakennusten energiatehokkuus 2017.)

Maatalouden investointi tukea voi hakea myös ELY-keskukselta, jonka toimintaa ohjaavat valtioneuvoston asetukset (265/2023) ja (266/2023), joilla säädetään lakia maatalouden rakennetuista (1476/2007). Säädös (265/2023) esittää aloitustuen ja investointituen myöntämisen ja maksamisen edellytyksistä sekä niihin liittyvistä menetelmistä. Säädös (266/2023) taas esittää maatilainvestointituella tuettavasta toiminnasta sekä investointituen enimmäismäärästä ja tuen muodosta. Tukea voi hakea esimerkiksi navetan rakentamiskustannuksiin tai korjauksiin sekä energiainvestointeihin, kuten aurinkopaneelien hankkimiseen tai valaistuksen uusimiseen. Tukien lainoihin on myös mahdollista saada valtion takausta, jota on mahdollista saada yhtä investointia kohden enintään 800 000 €. Takaus on voimassa koko laina-ajan ja sen määrä pienenee lainan kanssa samassa suhteessa. Takaus myönnetään ainoastaan tasalyhennyslainaan. (ELY-keskus, 2023.)

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) edustaa Suomea kansainvälisissä yhteistöissä sekä energiatehokkuuteen kuuluvissa asioissa EU:ssa. Energiavirasto puolestaan hoitaa energiatehokkuutta edistäviä toimeenpanotehtäviä, jotka liittyvät energiatehokkuussopimuksiin, energiakatselmuksiin, energianeuvontaan sekä tuotteiden ekologiseen suunnitteluun ja energiamerkintään. Motiva on taas valtion omistama yhtiö, joka työskentelee energiasäästön ja energialähteiden käytön edistämiseksi. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2023.)

3 LYPSYPROSESSIN ENERGIANKULUTUS

Lypsyprosessi on tuotannon kannalta oleellisin työvaihe. Prosessi koostuu eri vaiheista ja toiminnoista, joita ovat mm. lypsäminen ja maidon varastointi, joka käsittää myös maidon jäähdytyksen. Lisäksi lypsyn energiankulutukseen liitetään myös käyttöveden lämmittäminen.

3.1 Lypsäminen

Lyypsäminen voi tapahtua tiloilla automaattilypsynä tai perinteisenä lypsynä. Nämä menetelmät eroavat siitä toisistaan, että automaattilypsyssä on käytössä erillinen lypsyrobotti ja perinteisessä lypsyssä käytetään lypsykonetta. Perinteisessä lypsyssä energiankulutus voi olla pienempää, koska lypsyyn ei tarvita yhtä paljon laitteita tai lämmintä käyttövettä, kuin automaattiseen lypsyyn. Perinteisessä lypsytavassa tyhjöpumppu on kuitenkin usein ylimitoitettu, jonka seurauksena lämpimän veden tarve voi olla suurempi. Tämän lisäksi perinteinen lypsyprosessi voi olla hitaampaa. (Turunen, 2021c.)

3.1.1 Automaattinen lypsy

Lypsyrobottien vuotuinen energiankulutus vaihtelee 200–500 kWh/lehmä, johon vaikuttavat tyhjöpumppu, lämpimän pesuveden tarve, paineilma sekä sähkön tarve muihin tarpeisiin. Eri merkkisten lypsyrobottien erot kulutuksessa kilowattituntia per maitokiloa kohden (kWh/maito-kg) ovat hyvin pienet, mutta niiden välisiä kulutuseroja aiheuttavat mm. päivämaitotuotos, paineilma- ja alipainevuodot sekä esilämmitetyn veden käyttäminen. Paineilmavuodot johtavat energian kulutuksen kasvamiseen, jonka lisäksi tyhjöpumpun energiankulutus kasvaa, mikäli ilmaa pääsee vuotamaan robotin lypsykoneen alipaineisiin osiin. Konetilan hyvällä ilmanvaihdolla voidaan vähentää tyhjöpumpun ja paineilmakompressorin siirtämän ilman kuumenemista, sillä kuumuus lisää siirrettävän ilman tilavuutta ja näin aiheuttaa tyhjöpumpun ja kompressorin käyntiajan ja energiankulutuksen kasvua. Automaattisessa lypsyssä lypsyrobotin tarvitsema lämminkäyttövesi

saadaan esilämmitettyä tilasäiliön lämmöntalteenotolla, johon perehdytään paremmin luvussa 3.2.3. Esilämmityksen myötä tarve veden lisälämmitykselle jää pienemmäksi. (Turunen, 2021c.)

3.1.2 Perinteinen lypsy

Perinteisessä lypsyssä lypsykoneen energiankulutus koostuu pääsääntöisesti tyhjöpumpun käymisestä. Toinen merkittävä energiankuluttaja on veden lämmittämien. Tyhjöpumpun tuottotarpeen saa selville lypsykoneen testausraportista ja pesun tuottotarve on ilmoitettu koneen ohjekirjassa. Mikäli tyhjöpumpun mitattu tuotto on paljon suurempi kuin tuottotarve, on se tällöin ylimitoitettu. Taajuusmuuttajalla voidaan laskea ylimitoitettun tyhjöpumpun pyörimisnopeutta, tehonkulutusta ja tuottoa. Näin saadaan laskettua energiankulutusta. Tuotto ja energiankulutus myös laskee lähes samassa suhteessa pyörimisnopeuden kanssa. (Turunen, 2021c.)

Ilmainejektori on venttiili, jota pesuri ohjaa. Sen tehtävänä on päästää ilmaa putkistoon pesuveden jälkeen. Ilmainejektorin käyttämisen myötä on tyhjöpumpun tuottotarve yleensä pienempi lypsykoneen pesussa kuin lypsyssä. Tyhjöpumpun on usein mitoitettu pesun mukaan jopa kaksi kertaa lypsyn tarvetta suuremmaksi tilanteissa, joissa ei ole käytössä ilmainejektoria. Pumpun tehoa alentamalla taajuusmuuttajan avulla voidaan säästää sähköä lypsyn aikana tai sitten voidaan ottaa ilmainejektorin käyttöön ja vaihtaa tyhjöpumppu pienempään pumpun rikkouttua. Näiden vaihtoehtojen lisäksi voidaan asentaa kaksoistyhjöpumppu. Esimerkiksi lypsykonetta laajentaessa voidaan käyttää kahta pienempää pumppua yhden ison sijaan. Toista pumppua käytetään lypsyssä ja toista pesussa. Neljäntenä vaihtoehtona lypsykone voidaan varustaa alipaineanturilla ja taajuusohjauksella tehon alentamiseksi. Näin pystytään ohjaamaan pumpun pyörimisnopeutta tyhjän tarpeiden mukaan. Tämä vaihtoehto on energiatehokkain, mutta myös samalla kallein ratkaisusta. Lisäksi lypsyn sähkönkulutusta voi vähentää nopeuttamalla lypsyprosessia. (Turunen, 2021c.)

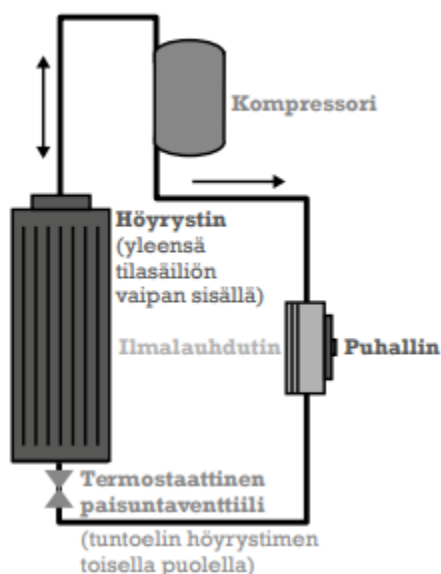
Lypsykoneen pesussa energiaa kuluu lähinnä vedenlämmitykseen sekä tyhjöpumpun käydessä myös veden kierrättämiseen. Pienellä karjalla lypsykoneen

pesuveden tarve lehmää kohden on suurta, jolloin energiankulutus on myös suuri. Pesun energiankulutuksen selvittämiseksi onkin mitattava vesimäärät, lämpötilat ja käyntiajat. Energiankulutusta voidaan alentaa mm. suunnittelemalla maitoputki jyrkempään kaltevuuteen, joka mahdollistaa pienemmän maitoputken käyttämisen tai suunnittelemalla lyhyt painelinja maitopumpun ja tilasäiliön väliselle matkalle. Muita tapoja ovat esim. lyhentää pääpesua, käyttämällä ilmaejektoria, tyhjentämällä maitoputki kunnolla ennen pesua, jolloin ei tarvita toista esihuuhtelua, käyttämällä matalamman lämpötilan pesuainetta, eristämällä paine-, maito-, pesu- ja lämminvesiputket sekä käyttämällä kierrätyspesuria. (Turunen, 2021c.)

Lypsykoneen huollolla voidaan myös vähentää energiankulutusta. Ilman taajuusohjausta sisältävissä asennuksissa pienet tyhjöpumpun vuodot ja kiilahihnan luistot eivät lisää energiankulutusta, kun taas taajuusohjatuissa ratkaisuisa löysän kiilahihnan luistot tyhjöpumpussa tai kompressorissa voivat lisätä kulutusta jopa 20 %. Myös tyhjöpumpun puhdistaminen pölystä ja muusta liasta, sekä konehuoneen ilmanvaihdosta huolehtiminen alentavat pumpun lämpötilaa käymisen aikana ja näin vähentää pumpattavan ilman tilavuutta ja energiankulutusta. (Turunen, 2021c.)

3.2 Maidon varastoiminen

Maidon jäähdyttäminen on lypsyprosessin yksi merkittävämpiä energiankuluttajia, sillä vastalypsetyn lämpimän maidon jäähdyttämiseen kuluu huomattavasti enemmän energiaa kuin sen kylmänä pitämiseen. Varastoinnissa tarvittava kylmyys saavutetaan kylmäkoneella, jonka kompressorin siirtämä kylmäaine muuttuu nesteeksi ja samalla lämpenee erittäin suuressa paineessa. Nesteen jäähdytys tapahtuu usein ilmanlauhduttimessa. Ennen kuin lauhdutettu kylmäaine kulkeutuu höyrystimelle, sen virtausta kuristetaan paisuntaventtiilillä, jota säätämällä voidaan muuttaa lauhdutuspainetta. Painetta säätämällä saadaan nostettua esim. lämmöntalteenotolta saatavan veden lämpötilaa. Mitä suurempaa ero on höyrystymis- ja lauhdutuslämpötilojen välillä, sitä suurempaa on niiden eroavaisuus kylmäainekierrrossa ja sitä suurempi sähkön kulutus. Paineventtiiliä saa säätää kuitenkin vain kylmäkoneasentaja. (Turunen, 2021d.)



KUVA 2. Kylmäkoneen toimintakaavio (Turunen, 2021d.)

Maidon varastoinnin energiankulutukseen voidaan vaikuttaa laitehankinnoilla ja käyttötavoilla. Säästöjen syntymistä tukee myös suuresti se, että laitteille tehdään edulliset käyttöolosuhteet. Lämmöntalteenottoa voidaan hyödyntää varastoinnissa, jossa vapautuva lämpö voidaan sitoa veteen. Tällöin säästöä syntyy suurempi määrä veden lämmityksessä kuin maidonjäähdytykseen kuluu, mikäli tarve lämpimälle vedelle on lähestulkoon yhtä suurta kuin tuottavuus lämmöntalteenotolla. (Turunen, 2021d.)

3.2.1 Laitteiden valinta

Tilasäiliön vajaatäyttö lisää sähkönkulutusta, sillä tällöin lämpöhäviöiden osuus on suurempi. Puolillaan olevan säiliön pesun energiankulutus ja lämpöhäviöt voivat olla jopa kaksinkertaiset maitokiloa kohden, kun verrataan täynnä olevaan säiliöön. Tapoja, joilla lämpöhäviöitä saadaan pienennettyä, ovat mm. maitohuoneen viilentäminen, paremmin eristetyn säiliön hankkiminen tai välttämällä säiliön vajaa täyttöä. (Turunen, 2021d.)

Jäähdytystapoja on kaksi. Suora- ja epäsuorajäähdytys. Suorajäähdytyksessä kylmäaine jäähdyttää metallia, joka taas jäähdyttää maitoa. Epäsuorassa jäähdytyksessä maidon sijaan jäähdytetään vettä. Vesi jäähdyttää metallia, joka on maitoa vasten. Epäsuoria jäähdytystapoja ovat mm. jääpankkisäiliö ja jääpankkipikajäähdytys. Kun vaihdetaan jääpankkijäähdytyksestä eli epäsuorasta jäähdytyksestä suorajäähdytykseen voidaan energiaa säästää jopa 15–20 %. Perinteisen lypsyn aikana suorajäähdytyksen tehontarve on suurempi ja puolestaan jääpankkijäähdytyksen pienempi, sillä tällöin epäsuorassa jäähdytyksessä käytössä on jäähdytyksen tekemä jääpankki, joka tuo säästöä. (Turunen, 2021d.)

Myös kylmäkoneiden kompressoreilla voidaan vaikuttaa sähkönkulutukseen. Käytössä on yleisesti kierukka- ja mäntäkompressoreita, joista kierukkakompressorit kuluttavat tutkitusti 15–20 % vähemmän sähköä kuin mäntäkompressorit. Lisäksi kierukkakompressorit ovat mäntäkompressoria kestävämpiä sekä rakenteeltaan yksinkertaisempiä. Eri kylmäaineiden vaikutus taas energiankulutukseen on erittäin pieni. (Turunen, 2021d.)

3.2.2 Käyttötavat ja -olosuhteet

Maidon lämpötilaa on hyvä seurata, sillä sitä säätämällä voidaan säästää kustannuksissa. Esimerkiksi säästöä voidaan tehdä jopa 10 % nostamalla maidon lämpötilaa +1,5 °C:sta 4 °C:een. Mikäli lauhdutinta pidetään maituhuoneessa, voidaan säästää jopa 30 % sähköä maituhuoneen lämpötilaa laskemalla 10 °C:lla. Säästöjen suuruuteen vaikuttaa suuresti kylmäkoneen asetukset, joita kylmäkoneasentaja tai huoltohenkilö saa ainoastaan muuttaa. Huonelämpötilaa ei kuitenkaan saa laskea alle 0 °C:een. Lauhdutuslämpötila saadaan laskemaan siirtämällä lauhdutin viileämpään paikkaan maituhuoneesta. Navettaan siirtäminen ei kuitenkaan ole suotavaa, sillä lehmistä vapautuva ammoniakki pilaisi lauhduttimen. Tämän lisäksi lauhdutin tulee asentaa suoraan, jotta kylmäaine jakautuu oikein laitteessa sekä muutamien kymmenien senttimetrien korkeuteen lattiasta, jotta lauhdutin ei pölyttyisi liian nopeasti. Lisäksi liian korkealle asennettu lauhdutin heikkenee korkeampien lämpötilojen takia. Mikäli kompressorit siirretään samalla, tulee imulinja eristää. Kesällä on myös hyvä kanavoida lämmennyt ilma ulos lauhduttimesta. (Turunen, 2021d.)

Maidon jäähtymistä on myös hyvä seurata, sillä sen hidastuminen tai varastointilämpötilan nousemisen syy on hyvä selvittää. Tämä saattaa nostaa sähkönkulutusta. Syitä näihin muutoksiin voi olla esim. maitomäärän kasvu, lauhduttimen ympäristön liian korkea lämpötila tai väärät ohjaimen lämpötila-asetukset tilasäiliössä. Muita vikoja saattaa olla mm. maidonsekoittimen hajonneet tai irronneet osat, joita voivat olla esim. hajonnut sokka maidonsekoittajan akselissa, irronnut jääpankin lämpötila-anturi tai vesipumppu. Lisäksi kylmäkoneen vika ei ole pois suljettu. (Turunen, 2021d.)

3.2.3 Maidon esijäähdytys ja lämmöntalteenotto

Esijäähdytys- ja lämmöntalteenottolaitteilla saadaan tuotettua lämmintä käyttövettä. Niitä siis ei lasketa osaksi maidonjäähdytysjärjestelmää, mutta niillä voidaan vaikuttaa sen energiankulutukseen. Maidonesijäähdytin on lämmönvaihdin, jonka tehtävänä on jäähdyttää maito ennen tilasäiliöön siirtymistä. Esijäähdyttimiä on markkinoilla paljon erilaisia, joista parhaimmilla maidon ja veden välinen lämpötilaero on ainoastaan 1,5 °C:tta. Esijäähdyttimellä voidaan saada yli 50 %:n säästö sähkönkulutuksen osalta jäähdytyksessä. Esijäähdytin lisää kuitenkin pesuveden tarvetta tilavuutensa verran. Tämä lisää energiankulutusta, mutta säästäisi tilasäiliön kulutuksessa ja pienentäisi kompressoritehontarvetta. Tämä kompensoi esijäähdyttimen hankintakustannuksia ja pienentää samalla tarvittavaa pääsulakekokoa. (Turunen, 2021d.)

Maidon esijäähdytys tapahtuu putkilämmönvaihtimessa tai lämmönvaihdinpakassa, jonka jälkeen maito siirtyy tilasäiliöön tai sitä ennen vielä mahdolliseen bufferisäiliöön. Aluksi vesi kiertää lämmönvaihdinpakkaan, mistä se siirtyy varasäiliöön myöhempää käyttöä varten. Vettä voidaan esimerkiksi hyödyntää lehmien juomavetenä. Näin ollen suuremmalla varasäiliöllä saavutetaan parempi hyötysuhde. Levylämmönvaihtimessa metallilevyn eri puolilla virtaa maito ja vesi. Toiminta perustuu siihen, että kylmä vesi sitoo itseensä maidon lämmön. Putkilämmönvaihtimessa periaate on sama, mutta maito ja vesi virtaavat putkissa. Levylämmönvaihdin on tehokkaampi, sillä siinä on enemmän kosketuspintaa. Putkilämmönvaihdin ei ole yhtä tehokas, mutta se on hygieenisempi vaihtoehto.

Esijäähdytyksen jälkeen säiliön vesi voi olla jopa 10–12 °C:sta ja tilasäiliön maidosta saadaan jopa 11–13 °C:sta. Suomessa maitoa säilytetään tilalla alle +6 °C:ssa korkeintaan 39–48 tuntia. (Kylmäkärki, 2018.)

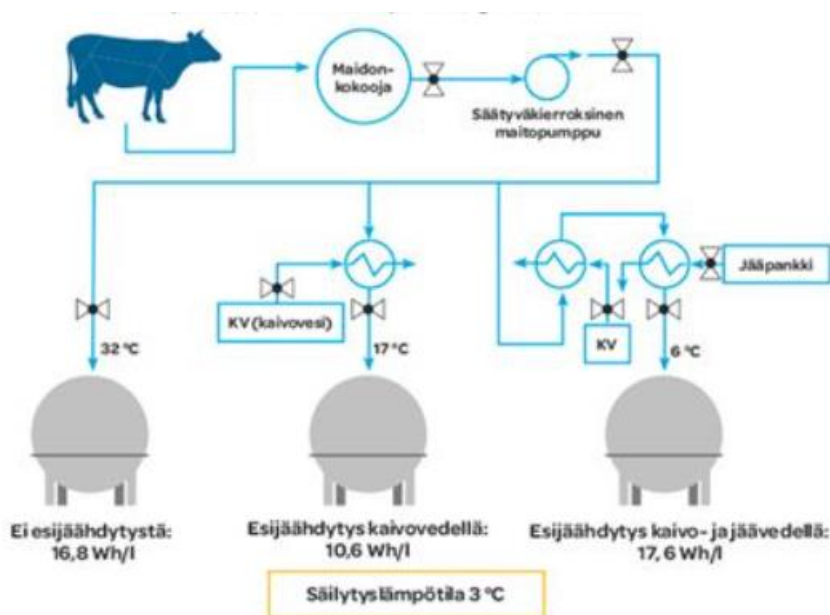
Kylmäkärjen Aquarius jäähdytys ja lämmöntalteenotto paketti esimerkiksi lämmittelee vettä 2–3 litraa jokaista tuotettua maitolitraa kohti. Lehmä taas juo 7–9 litraa tuotettavaa maitolitraa kohti. Näin laitteesta saadaan kolmasosa lehmän juomavedestä. Tutkimusten mukaan lehmä juo enemmän lämmintä kuin kylmää vettä, joten on suositeltavaa käyttää lämmitetty vesi juomavetenä. Lisäksi hyvinvointisyistä suositellaan, että lehmien juomavesi olisi 10–17 °C:sta. Juomaveden lämmityksellä ei ole vaikutusta maidon tuoton suuruuteen, mutta lehmä voi paremmin, mitä enemmän se juo. (Kylmäkärki, 2018; Turunen, 2021d.)

Esijäähdytyksen ansiosta maidon bakteeripitoisuuden kasvu hidastuu, jolloin sekoitusprosessi helpottuu. Tämä hyödyttää erityisesti tiloja, joissa on käytössä siilotilasäiliö, sillä maito yrittää nousta säiliön pintaan, kun se on lämmintä. Alhaisen bakteeritason vuoksi kuluttajat sekä meijerit saavat laadultaan parempaa maitoa. (Kylmäkärki, 2018.)

Irlantilaisten tekemässä tutkimuksessa ”*The effect of different precooling rates and cold storage on milk microbiological quality and composition*” energiankulutusta verrattiin kolmen erilaisen jäähdytystavan välillä, jonka lisäksi jäähdytystavan vaikutukset maidon koostumukseen sekä laatuun huomioitiin (KUVA 3). Tutkimuksen kohteina oli kolme erilaista maidon jäähdytystapaa. Maito jaettiin tasan kolmeen 4000 litran tilasäiliöön, joissa se jäähdytettiin. Lisäksi lypsykoneessa oli kierroslukusäätöinen maitopumppu, joka tehosti jäähdytystä. (Paludetti, Kelly, O'Brien, Jordan & Gleeson, 2018; Valio, 2020.)

Ensimmäisessä vaihtoehdossa maito meni suoraan tilasäiliöön ilman esijäähdytystä. Maito oli noin 32 °C:sta. Seuraavassa vaihtoehdossa esijäähdytys oli toteutettu levylämmönvaihtimessa kaivovedellä, jonka lämpötila oli noin 15 °C:tta ja maito meni tilasäiliöön keskimäärin 17 °C:na. Kolmannessa vaihtoehdossa käytössä oli kaksivaiheinen esijäähdytys, jossa maitoa jäähdytettiin kaivovedellä

levylämmönvaihtimen ensimmäisessä osassa ja toisessa osassa jääpankkilaitteistolla jäähdytetyllä 0 °C:lla jäävedellä. Maito meni tässä vaihtoehdossa tilasäiliöön noin 6 °C:na. (Paludetti ym., 2018; Valio, 2020.)



KUVA 3. Eri jäähdytysvaihtoehtojen energiankulutukset (Valio, 2020.)

Tutkimuksessa energiatehokkaimmaksi vaihtoehdoksi paljastui esijäähdytyskaivovedellä, jossa kulutus oli 10,6 wattituntia per litra (Wh/l). Kohteessa, jossa ei ollut esijäähdytystä kulutus oli puolestaan 16,8 Wh/l ja kaksivaiheisella esijäähdytyksellä 17,6 Wh/l. Jääveden kierrättäminen ja tekeminen esijäähdyttimessä kulutti tässä kohteessa eniten energiaa jääpankkilaitteiston takia. Vaikka tutkimukset on tehty ulkomailla, ovat ne selkeästi linjassa Suomessa Valion tiloilla suoritettujen esijäähdytysmittausten kanssa, missä esijäähdytys on hoidettu kaivovedellä 50–60 % koko jäähdytstarpeesta. Irlannissa tehtyyn tutkimukseen verrattuna Suomessa etuna on keskimääräisesti kylmempi kaivovesi, joka parantaa esijäähdytystä entisestään. On hyvä myös huomata, että tutkimuksessa oli käytössä kierroslukusäätöinen maitopumppu, jolla maito saadaan pumpattua hitaammin esijäähdyttimen läpi, jolloin hyötysuhde on parempi. Suomessa kuitenkin harvat lypsykoneet on varustettu kierroslukusäätteisellä maitopumpulla. (Paludetti ym., 2018; Valio, 2020.)

4 RUOKINTA

Ruokinta on tuottavuuden kannalta avainasemassa lypsytiloilla, koska ruoan laatu ja määrä vaikuttavat suoraan maidon määrään sekä sen laatuun. Energiaa kuluu pääsääntöisesti rehun siirtämiseen, jakamiseen ja sen laadun muuttamiseen. Kulutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. rehut, varastot, työmenetelmät sekä siirtomatkat. Ruokintaan liittyy useita laitteita, joiden kulutukset heittelevät laidasta laitaan, jonka lisäksi niiden energiankulutusten arviointi on erittäin kärkeää. Laitteet muodostavatkin työketjuja ja energiankulutus on pienimmillään, kun laitteiden yhteensopivuus on kunnossa rehun ja toisten laitteiden suhteen. Ennen laitteiden hankkimista onkin hyvä selvittää laitteiden yhteensopivuus ja energiankulutus. Ruokinta voidaan toteuttaa tiloilla seosrehu- eli aperuokintana tai erillisruokintana. Erillisruokinnassa väki- ja karkearehut jaetaan erikseen ja jokaiselle lehmälle väkirehua jaetaan yksilöllinen määrä. Aperuokinnassa taas karkea- ja väkirehut sekoitetaan keskenään ja seokset jaetaan ryhmittäin. (Turunen, 2021b.)

4.1 Väki- ja nurmisäilörehunsiirto

Väki- ja nurmisäilörehunsiirrossa rehu siirretään spiraalikuljettimella ja tyypillisesti se kuluttaa noin yhden kilowattitunnin (kWh) rehutonnin kohden. Kun siirto toteutetaan ilman imulla eli pneumaattisesti, siirron kulutus vaihtelee 1–5 kWh:n välillä. Pneumaattisessa rehunsiirrossa säästöä voidaan tehdä välttämällä pitkiä siirtomatkoja sekä välttää nousuja käyttämällä hyvin muotoiltua imusuulaketta sekä tekemällä nousut pystysuoraan, eikä vinottain. Lisäksi käyttämällä sisäpinnaltaan sileäpintaista putkea aallotetun putken sijaan ja asettamalla viljan sekä ilman suhde oikeaksi kuristuspellin avulla, voidaan kulutuksessa säästää jopa 40 %. Myös lokerosyötintä käyttämällä voidaan säästää 40–60 %. Spiraalikuljetinjärjestelmän kulutus voi nousta huomattavasti, jos spiraalit eivät toimi oikein tai kunnolla. Suunnittelulla on suuri merkitys, sillä huonosti suunniteltu spiraalikuljetin saattaa kuluttaa kymmeniä, ellei satoja kilowattitunteja enemmän hyvin suunniteltuun verrattuna ja vaatii enemmän huoltoja, joka tuo lisää kustannuksia. Spiraalinasennuksissa

onkin hyvä huomioida siilon sijoitus, sillä näin voidaan siirtomatkoja lyhentää. Tämän lisäksi tulisi estää spiraalin ylikuormitus varustamalla siilo pohjaluukulla. (Turunen, 2021b.)

Erillisruokinnassa energiaa kuluu eniten säilörehun ottamiseen siilosta. Rehunotto tornista lietsolla ja täyttöpurkaimella kuluttaa noin 100–200 kWh/lehmä vuodessa, joka vastaa suurin piirtein yhtä suurta kulutusta, kuin laakasiilon tyhjennys etukuormaimella. Kulutukseen kuitenkin vaikuttaa rehun kuivuus. (Turunen, 2021b.)

Laakasiilon käyttämällä voidaan traktorilla kuljettaa suurempia eriä kerralla, jolloin traktorin kulutus on myös pienempää. Kun siiloa tyhjennetään, rehu lämpeenee hieman, jonka lisäksi syntyy hiukan kaasumaista reuhävikkiä. Tornisiiloa tyhjentäessä hävikkiä syntyy noin 3 % ja laakasiiloa tyhjentäessä 3–10 %. Näiden prosenttien välinen ero vuositasolla rehun valmistusenergiana mitattuna on 200–300 kWh/lehmä. Hävikkiin voidaan vaikuttaa käyttämällä repivien irrotusmenetelmien sijaan leikkaavia irrotusmenetelmiä sekä noston sijaan laskea rehujyrsintä. (Turunen, 2021b.)

4.2 Rehun laadun parantaminen

Rehun laatua parannetaan mm. jauhamalla tai silppuamalla rehut sekä sekoittamalla rehuja keskenään. Hajottamalla rehu, helpotetaan sen jakoa ja vähennetään ruokintapöydän hävikkiä, joka parantaa myös ruokinta-arvoa. Sekoittamalla parannetaan huonommin maistuvien rehujen syöntiä. Nämä laadun parantamisen tavat voivat moninkertaistaa energiankulutuksen, kun verrataan ainoastaan säilörehun erillisruokintaan. (Turunen, 2021b.)

Valssimyllyllä litistetään vilja ja sähkökäyttöinen mylly kuluttaa oikein toimiessaan n. 5–8 kWh/tonni. Tuoresäilönnässä käytettävät traktorikäyttöiset valssimyllyt kuluttavat lähes saman verran tai hiukan enemmän märkätonnia kohden. Valssimyllyn energiatehokkuuden kannalta on tärkeää huolehtia, että viljantulo pysyy

riittävänä, myllyn valssit pysyvät samansuuntaisina sekä valssivälitys pysyy oikeana. Lisäksi myllyn yleisestä kunnosta on tärkeä huolehtia, ettei esimerkiksi hihnat pääse löystymään. (Turunen, 2021b.)

Joskus seosvilja voi koostua pienijyväisestä kaurasta ja suurijyväisestä ohrasta. Tällöin pienet kauranjyvät saattavat jäädä liian ehyiksi myllyssä, jolloin valssimyllyn sijaan voidaan käyttää vasaramyllyä, joka jauhaa jyvät sopivimmiksi, mutta tuplaa kulutuksen. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös säteisvasara- tai levy-myllyä, joilla kulutus on hiukan pienempää. Jauhatuslaatu on karkeampi säteisvasara- ja levy-myllyllä ja on näin lehmän kannalta parempi, kuin vasaramyllyssä. (Turunen, 2021b.)

5 LANNANPOISTO

Tehokas lannanpoisto on tärkeä ja oleellinen järjestelmä navetassa. Sen osuus kokonaiskulutuksesta on pieni, mutta sen kulutukseen vaikuttaa käyttötiheys ja lannanpoistomenetelmä. Siirtomatkojen kasvaessa myös energiankulutus yleensä kasvaa. Karjakoon kasvu voi esimerkiksi aiheuttaa siirtomatkojen kasvun. Yleisesti energiankulutusta voi vähentää esim. valitsemalla sopivat laitteet lannalle, huomioiden kuitenkin kuivikkeet sekä hankkimalla energiatehokkaita laitteita. Uusissa kohteissa on tärkeää myös suunnitella järjestelmä yksinkertaiseksi, jotta kulutus pysyy matalana, eikä kasva käsittelykertojen suuren lukumäärän vuoksi. Lisäksi on myös hyvä suunnitella navetan toiminta niin, ettei lannasta tule liian vaikeasti käsiteltävää. Tähän voidaan vaikuttaa mm. valitsemalla sopiva kuivike sekä estää mahdollisten kuivikkeiden tai roskien päätyminen lantaan. Lisäksi nuorkarja olisi hyvä sijoittaa valutuslaturun alapäähän kuivalannan vuoksi. Myös lannan juoksevuutta voidaan parantaa esim. pesuvesiä hyödyntämällä ja kokoomakourussa lantaa sekoittamalla. (Turunen, 2021a.)

5.1 Lannanpoisto parsinavetassa

Vanhat navetat ovat tyypillisesti parsinavettoja, joissa lehmät ovat kiinnitettynä omiin parsiinsa. Käytettyjä lannanpoistojärjestelmiä parsinavetoissa on mm. valutusjärjestelmä ja avopuristin. Valutusjärjestelmässä lantakourussa on kynnyks, joka pitää nesteen kourun pohjalla. Nestettä jäykempi lanta kelluu päällä ja valuu kynnyksen yli kokoomakouruun, josta se jatkaa pudotuskouruun, sieltä edelleen pudotuskaivoon ja sieltä lopulta lietesäiliöön. Hyvin ja oikein toimiessaan valutusjärjestelmä ei kuluta energiaa. Kuivikkeet, sekä nuorkarjan ja umpilehmien lannan kuivuus saattavat lietekourun toisella sivulla haitata lietteen valumista ja voivat työntää nesteen sonnan alta pois. Tällöin jäykkä lanta takertuu kourun pohjaan, jolloin se tulee huuhdella pois, johon kuluu energiaa. Vaihtoehtoisesti tehokkaampana ratkaisuna olisi tehdä lietesäiliöltä pumppauslinja, jolla lantavettä pumpattaisiin kourujen alkupäihin. (Turunen, 2021a.)

Toinen tyypillinen lannanpoistomenetelmä parsinavetoissa on avopuristin, joka siirtää kuiva- tai lietelantaa. Sen vuotuinen energiankulutus on arviolta noin 50 kWh/lehmä ja sen kulutus on sitä pienempi, mitä vähemmän käyntikertoja sillä on vuorokauden aikana. Käyntiaikaan voidaan vaikuttaa laidunnuksella ja kourun syvyydellä. (Turunen, 2021a.)

5.2 Lannanpoisto pihatossa

Lanta poistetaan pihatoissa ritilän alta tai avokouruista. Raappaa, joka puhdistaa avokourua vedetään sähkömoottorin pyörittämällä kettingillä, köydellä tai vaihtoehtoisesti hydraulisylinterin käyttämällä reikätyöntökiskolla. Kettinki- tai köysikoneet kuluttavat vuodessa noin 10–30 kWh/lehmä ja työntökiskokone noin 100 kWh/lehmä. Avokouru, joka on pituussuunnassa kalteva, saadaan lantaveden avulla huuhdeltua puhtaammaksi kuin raappakoneella. (Turunen, 2021a.)

Suomessa huuhtelulannanpoiston ongelmaksi on tullut riittävän juoksevan lantaveden saanti. Huuhteluvesi tuotetaan separoimalla ja pienimmillään huuhtelun kulutus on noin 30 kWh/lehmä vuodessa. Pahimmillaan pitkien siirtojen ja separoinnin vuoksi kulutus vuodessa saattaa olla jopa satoja kWh/lehmä. (Turunen, 2021a.)

5.3 Pumppaus

Navetoissa, joissa ei ole valutukseen soveltuvaa laskua lietesäiliöön, on lietelanta tällöin pumpattava säiliöön pumppauskaivosta. Yleensä lantaa pumpataan keskipakopumpulla, sillä sen hyötysuhde on hyvä lietteen virtausvastuksen ja noston aiheuttaman vastapaineen ollessa pientä. Lietelannan pumppauksen vuotuinen energiankulutus on noin 10 kWh/lehmä. Tähän vaikuttaa keskipakopumpun kunto sekä siirtomatkojen pituudet. Lisäksi pumpun hyötysuhteeseen vaikuttaa lietteessä oleva kuivike, rehu ja muu roska, jotka tukkivat pumpun. Roskien vaikutusta voidaan vähentää hankkimalla isompi pumppu. Tukkeutumisherkkyydessä on muitakin eroja, joita on hyvä selvittää pumppua hankkiessa. Lietteen

nostoa voi minimoida viemällä pumppausputken säiliöön pohjan kautta. Tämä helpottaa ja nopeuttaa pumppaamista. (Turunen, 2021a.)

Virtsanerotusta käyttäessä avokourusta tuleva lanta valuu heikosti kokoomakourussa ja on näin vaikea pumpattava, jolloin energiankulutus voi olla jopa viisinkertainen. On energiatehokkaampaa kierrättää lantaa kokoomakourussa pumpun avulla ennen säiliöön pumppaamista. Näin parannetaan tasalaatuisuutta. Kierrätyspumppaus kuluttaa vuodessa noin 10 kWh/lehmä. On kuitenkin hyvä huomioida, ettei lietettä kierrätä liian pitkään, jolloin kulutus myös nousee. Tämän lisäksi olisi myös hyvä, että pumppuun pääsisi helposti käsiksi, ja että se olisi helposti nostettavissa, jotta roskat voitaisiin poistaa imupuolelta helpommin, eikä näin hidastaisi pumppausta. (Turunen, 2021a.)

6 VALAISTUS

Valaistuksen rooli energiatehokkuuden kannalta on suuri, sillä sen osuus energiankulutuksesta on kasvanut merkittävästi. Valaistus on suurin lypsykarjatilojen energiankulutuksen kohde. Vanhoissa kohteissa valaistuksen osuus kokonaiskulutuksessa on ollut 6–10 %, mutta uusimmissa se voi olla jopa 20 %. Valaistus vaikuttaa eläinten hyvinvointiin sekä ihmisten työskentelyyn, joten on tärkeää, että valaistus on riittävä ja tehokas. Onkin erittäin suositeltavaa käyttää LED-valaisimia, joiden energiankulutus on vajaa puolet loisteputkivalaisimien tarvitsemasta sähköstä. Valaistusta suunniteltaessa onkin tärkeä osata huomioida niin eläinten kuin ihmistenkin tarpeet. (Eskelinen, 2015; Farm energy, 2019a.)

Navetoissa on paljon toimintoja ja paikkoja, joissa tarvitaan hyvä valaistus. Tällaisia paikkoja ovat esim. ruokintapöydät. Lisäksi erilaisten huoltotoimenpiteiden vuoksi on hyvä olla kunnon valaistus lypsyrobotin ja muiden laitteiden läheisyydessä. Lisäksi valaistusta on hyvä pystyä tehostamaan esimerkiksi eläinlääkärikäyntejä varten sairas- ja poikimakarsinoissa. (Ledistys, 2020.)

Oikeanlaisen valaistuksen lisäksi oikealla ohjauksella on suuri merkitys, sillä lehmien vuorokausirytmii määrytyy valon määrän mukaan. Lypsävä lehmä tarvitsee kahdeksan tuntia lepoa ja valoisaa-aikaa loput 16 tuntia vuorokaudesta. Tämän lisäksi nuorkarjalle ja ummikoille on suotavaa uusissa kohteissa tehdä omat tilat, jossa valaistus voidaan ohjata heille sopivaksi. Kahdeksan tuntia valoisaa aikaa vain vuorokaudessa riittää. Valaistuksella on myös tutkimusten mukaan pystytty tehostamaan lehmien maidontuotantoa. Lehmät esimerkiksi kulkevat mieluummin valoa kohti, jolloin lehmiä voidaan houkuttaa valon avulla lypsyrobotille tai ruokintapöydälle. Näin ollen valaistus on kustannustehokas tapa lisätä tuotantoa, joka näkyy varmasti myös energiankulutuksessa. (Ledistys, 2020.)

Huonossa valaistuksessa on hankalaa ja puuduttavaa työskennellä. Maatilat saattavat sijaita huonojen sähköverkkoyhteyksien päässä, jonka vuoksi sähkökatkot saattavat olla yleisiä tiloilla ja vanhalla tekniikalla toteutettu valaistus saattaa olla pois käytöstä pitkiäkin aikoja sähkökatkon jälkeen. Tämä vaikeuttaa työskentelyä navetassa, jonka lisäksi eläimet voivat säikkyä ja stressaantua. Vanhoja

loisteputkivalaisimia joutuu myös ajoittain huoltamaan ja vaihtamaan lamppuja niihin, joka myös kuormittaa työntekoa. Markkinoilla on myös saatavilla led-valaisimia, jotka on suunniteltu navettaolosuhteisiin, joilla taataan huoltovapaus. Valaisimet on mahdollista varustaa myös akkuvarmenteella, jotta valaistus on käytössä myös sähkökatkojen aikana. (Ledistys, 2020.)

TAULUKKO 1. Lypsykarjarakennusten eläin- ja lypsyosastojen valaistuksen vähimmäisvoimakkuus (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 2012.)

Kohde	Valaistusvoimakkuus (Lx)
Eläintilan yleisvalaistus	150 (2 m korkeudella)
Lypsyasema	250 (Utarekorkeudella)
Nuoren karjan tila	100 (2 m korkeudella)

6.1 Led-valoputket

Vaikka markkinoilla on saatavilla nykyään myös led-valoputkia, joita saa asennettua vanhojen loisteputkien tilalle, on kuitenkin tärkeä miettiä mikä investoinnin tavoitteena on. Vaihtamalla loisteputket led-valoputkiin, saadaan vähennettyä energiankulutusta, mutta on tärkeää huomata, että loisteputkivalaisimia ei ensisijaisesti ole suunniteltu led-valoputkille, vaan tavallisille T-loisteputkille. Onkin tärkeää osata arvioida valaisimen kunto aina polttimon vaihtoa tehtäessä, sillä valaisinrungon sisällä oleva tekniikka on ikääntyvää ja lämmön vaikutuksista se voi olla jo hajoamispisteessä, jonka lisäksi vanhoihin valaisinrakenteisiin ja muutostöihin liittyy aina paloturvallisuusriski. (Ledistys, 2023.)

Kun loisteputki korvataan valoputkella, voi valaisimet tuottaa verkkoon suuren määrän loissähköä, joka voi johtaa huomattavaan kokonaisvirran kasvuun ja aiheuttaa valaisinryhmän johtimien lisälämpenemisen. Poistamalla valaisimista kuitenkin kompensointikondensaattorit, voidaan näin yleensä tehokerrointa ja samalla tilannetta parantaa. Tällöin on kuitenkin tärkeä huomioida tehtäviin valaisinmuutoksiin liittyvät asiat, kuten esimerkiksi suurissa valaisinryhmissä on tarpeellista varmistaa, ettei led-valoputkien käyttöönotto voi aiheuttaa ongelmia asennusten kokonaisturvallisuuteen. Tämän lisäksi myös vaikutukset keski-

tettyihin kompensointilaitteisiin on tärkeää selvittää ja varmistaa, että uusi asennus ei aiheuta lisääntyntä 3. yliaaltovirtaa nollajohtimeen, joka on haitallista. On myös tärkeä noudattaa led-valoputki valmistajan asettamia ohjeita, joita voivat olla rajoitus yhteen ryhmään asennettavien led-valoputkien enimmäismäärä. Vaihtamalla loisteputkivalaisin kokonaan uuteen led-valaisimeen led-valoputken sijaan, voidaan poistaa kompensointi ja loissähkön tuotto valaisimista kokonaan. (Tukes, n.d.)

Markkinoilla on oikeastaan vain kahdenlaisia led-valoputkia. *Retrofit* led-valoputkia sekä *conversion kit* muutossarjoja. *Retrofit* led-valoputket on mahdollista asentaa nykyisiin, jo asennettuihin loisteputkivalaisimiin ilman erillisiä muutoksia. On kuitenkin huomioitava valmistajan antamat mahdolliset valaisin- ja putkimalli-kohtaiset rajoitukset. *Retrofit*-asennukseen tarkoitetuissa valaisimissa on yleisesti kuristin, jolla tarkoitetaan magneettista virranrajoitinta. Lisäksi sytytin tulee tavallisesti korvata led-sytyttimellä, joka tunnetaan myös oikosulkupalana. Vaikka vanhan sytyttimien vaihtamista led-sytyttimeen ei pidetäkään valaisimen rakenteellisena muuttamisena, ei led-sytyttimen käytöstä saa kuitenkaan aiheutua turvallisuuden heikkenemistä. Lisäksi sulakkeen sisältävät led-sytyttimet eivät ole ainoat oleelliset turvakomponentit asennusten kannalta. Mikäli ohjeiden mukaisesti tehdyissä asennuksissa tulee ilmi turvallisuusriskejä tai sähkömagneettisten häiriöiden kasvua, vastuu on tällöin tuotteen markkinoille asettaneella taholla. *Retrofit* asennuksissa alkuperäisvalaisimen CE-merkintä sekä muut sertifiointimerkinnot jäävät voimaan, jonka lisäksi valaisin voidaan edelleen palauttaa takaisin loisteputkivalaisimeksi, kun vaihdetaan led-sytytin tavalliseen sytyttimeen. (Ledistys, 2023; Tukes, n.d.)

Conversion kits muutossarjoissa taas asentaminen edellyttää ohjeiden mukaisia muutostöitä alkuperäiselle loisteputkivalaisimelle ja sen komponenteille. Tällöin muutetun valaisimen ja asennuksen turvallisuus tulee aina tarkistaa. Muutossarja sisältää kaikki tarvittavat komponentit, kuten liitäntälaitteet, johdotuksen, ohjaus-elektroniikan, lampun pitimet sekä tarkat asennus- ja testausohjeet, joita noudattamalla voidaan taata toimiva asennus. Muutossarjoissa asennus vaatii aina alkuperäisen valaisimen rakenteen muokkaamista. Näiden muutosten jälkeen valaisimen alkuperäinen valmistaja vapautuu vastuusta valaisimen turvallisuutta tai

ominaisuuksia koskien. Tällöin myöskään valaisimen CE-merkintä ja sertifiointimerkinnot eivät myöskään ole enää voimassa. Muutossarjojen led-valoputkille ei ole voimassa omaa turvallisuusstandardia, mutta markkinoiden saattajan tulee kuitenkin taata, että ohjeiden mukaan suoritettu asennus on vaatimustenmukainen sekä turvallinen. (Tukes, n.d.)

6.2 Led-valaisimet

Investointihetkellä kiinteä led-valaisin ei ehkä ole toimenpiteenä edullisin vaihtoehto, mutta on kuitenkin hyvä tiedostaa, että led-komponentit kestävät huonosti lämpöä ja sen valo alkaa himmetä heti käyttöönoton jälkeen. Laadukkaat led-valaisimet on suunniteltu johtamaan hallitusti ledin tuottamaa lämpöä, jonka lisäksi liitäntälaitteilla syötettävä virta on saatu optimoitua niin, että valaisin on pitkäikäinen ja säilyttää samalla valontuottokykynsä. Valaisinvaihdon yhteydessä on myös tavallista uusien johdotus, jolloin sähköturvallisuus paranee entisestään. Tällöin investointihetkellä kalliimpi vaihtoehto osoittautuu elinkaarikustannuksiltaan edulliseksi vaihtoehdoksi. Laadukkaimpien valaisimien keskinäinen väriero on myös lähes huomaamaton, joka takaa tasaisen valaistuksen. (Ledistys, 2023.)

7 ILMANVAIHTO

Nykyään eläinsuojien ilmanvaihtojärjestelmältä vaaditaan enemmän kuin avoimia ikkunoita tai verhoseiniä, eli pelkkä luonnollinen ilmanvaihto ei enää välttämättä riitä. Ilman tulee liikkua siellä, missä lehmätkin ovat. Navetassa olevat haitalliset kaasut ja pöly tulee poistaa, joiden lisäksi lämpötilan ja hiilidioksiditasojen on oltava sopivat. Ilmanvaihtolaitteiden energiatarpeen vähentämiseksi on tärkeää osata määrittää tarvittavien puhaltimien määrä ja käyttää näitä vain tarpeen mukaan. Esimerkiksi talvella tarvitaan yleensä vähemmän ilmanvaihtoa kuin keväällä tai syksyllä. Kesällä ilmanvaihdon tarve on luonnollisesti suurin korkeampien lämpötilojen vuoksi. Talvella ilmanvaihdon tarve on yleensä vähäinen, koska rakennukset tarvitsevat ilmanvaihtoa vain kosteuden poistamiseksi ja ilmanlaadun ylläpitämiseksi. (Farm energy, 2019c.)

Halkaisijaltaan noin yhden metrin puhallin on riittävän tehokas 10 m etäisyydelle asti, kun se on suunnattu lehtiin päin. Tämän jälkeen tarvitaan toinen samantapainen puhallin. Puhaltimet sijoitetaan mieluiten lehmien makuualueelle ja ne käynnistetään, kun lämpötila navetassa ylittää 20 °C:n. Vaikka ilmanvaihto itsessään tuo lisää energiankulutusta, maksaa se oikein toteutettuna itsensä takaisin parantuneena syöntinä ja tuotantona. (Hissa, n.d.)

Puhaltimien osien, kuten tuulettimien siipien, moottoreiden ja koteloiden puhtaana pitäminen on erityisen tärkeää, sillä likaisten ja pölyisten puhaltimien hyötysuhde on heikompi. Lisäksi puhaltimien edusta on hyvä pitää esteettömänä, että ilma pääsee liikkumaan. Moottorit pysyvät viileämpinä, kun niiden pinnalla ei ole ylimääräistä likaa sekä lisää niiden käyttöikää. Lisäksi puhtaat tuulettimen siivet puhaltavat enemmän ilmaa, jolloin saadaan ilmanvaihdosta suurin hyöty. Lisäksi likaiset säleikkunat ja -luukut, jotka eivät aukea kokonaan voivat vähentää ilmavirtausta 40 %. Puhallinhihnojen kuntoa on myös hyvä tarkkailla, sillä löysät hihnat voivat luistaa, joka voi vähentää ilmavirtausta 30 %. (Farm energy, 2019b.)

Eläintilojen ilmanvaihtoa suunniteltaessa tulee huomioida taulukon 3 mukaiset ilmanvaihdon määrät. Lisäksi ilmanvaihdon riittävyys tulee taata myös helteisellä ja kostealla säällä. Talvisin eläinten oleskelualueella suurin sallittu virtausnopeus

on 0,25 m/s, mutta kesäisin, sallitaan suuremmat virtausnopeudet. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 2012.)

Lypsykarjarakennusten eläintilan sisälämpötilan tulee olla vähintään +2 °C. Viileäpihatoissa ilmanvaihto ja lämpötila tulee olla hallittavissa myös pitkien kylmien jaksojen aikana. Lisäksi tilat, joissa pidetään vasikoita ja joissa on koneellinen ilmanvaihto, tulee käytössä olla hälytyslaitteisto, joka ilmoittaa navetan työntekijöille, mikäli navetan lämpötila on liian korkea tai alhainen. Lisäksi hälytyslaitteiston tulee ilmoittaa mahdollisesta sähkökatkosta tai mahdollisesta hälytyslaitteistossa olevasta viasta. Haitallisia epäpuhtauksia eläimille ovat mm. ammoniakki, rikkivety sekä orgaaninen pöly. Näiden pitoisuudet eivät saa toistuvasti ylittää niille asetettuja raja-arvoja, jotka on esitetty taulukossa 2. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 2012.)

TAULUKKO 2. Kaasujen ja epäpuhtauksien pitoisuuksien raja-arvot (Maa- ja metsätalousministeriön asetus, 2012.)

Hiilidioksidi	3000 ppm
Ammoniakki	10 ppm
Rikkivety	0,5 ppm
orgaaninen pöly	10 mg/m ³

TAULUKKO 3. Ilmanvaihdon suunnittelussa käytettävät ilmanvaihtomäärät (Maa- ja metsätalousministeriön asetus, 2012.)

	Paino (kg)	Eläinten ikä (kk)	Min. ilmanvaihto (m ³ /h)	Max. ilmanvaihto (m ³ /h)
Lypsylehmä	>650		100	450
Lypsylehmä	500–650		70	350
Lypsylehmä	<500		55	310
Hieho, ummessa oleva lehmä	500		50	240
Nuorkarja, uudistus	400	18	40	200
Nuorkarja, uudistus	300	9	30	150
Nuorkarja, uudistus	150	5	20	100
Vasikka	<75	<2	10	55

Suuret lämpötilat ovat ihmisen lisäksi etenkin lehmille tukalia. Vaikka ihmisen mielestä lämpötila olisi sopiva, on tällöin lehmillä jo tukalaa. Navetat, joissa ilma ei liiku, ovat lehmille tukalan kuumia kesäisin suurten lämpötilojen ja kosteuden vuoksi. Mitä korkeampi ilman kosteus, sitä alemmassa lämpötilassa lehmät alkavat kärsiä lämpöstressistä. Korkeatuottoiset lehmät tuottavat lisäksi paljon lämpöä, joten esim. 45 kg maitoa lypsävälle lehmälle lämpötilan tulisi olla noin 5 °C viileämpi kuin 35 kg lypsävälle. Tämän vuoksi lämpöstressiriskiä arvioidaan THI-indeksillä (Temperature-heat index). (Hissa, n.d.)

Temperature (°C)	Relative humidity (%)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
18	61	61	62	62	62	63	63	63	64	64	64
19	62	62	63	63	63	64	64	65	65	66	66
20	63	63	64	64	65	65	65	66	67	67	68
21	63	64	65	65	66	67	67	68	69	69	70
22	64	65	66	66	67	68	69	69	70	71	72
23	65	66	67	67	68	69	70	71	72	73	73
24	66	67	68	69	70	70	71	72	73	74	75
25	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
26	67	69	70	71	72	73	74	75	77	78	79
27	68	69	71	72	73	74	76	77	78	79	81
28	69	70	72	73	74	76	77	78	80	81	82
29	70	71	73	74	76	77	78	80	81	83	84
30	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86
31	71	73	75	76	78	80	81	83	85	86	88

KUVA 4. Lämpöstressin arviointi THI-indeksillä (Hissa, n.d.)

Lehmät alkavat kärsiä lämpöstressistä, kun THI-indeksi on yli 68 ja korkeatuottoisimmilla lehmillä vaikutukset näkyvät ensimmäisenä. Lämpöstressin oireita ovat mm. tihentynyt hengitys, kohonnut ruumiinlämpö, muutokset käytöksessä, syönnin ja maitotuoton väheneminen. Lisäksi meijereiden tilastoissa vastaanotetun maidon määrä ja rasvapitoisuus alenevat kesäaikana, joka viittaa lehmien lämpöstressiin. (Hissa, n.d.)

8 VILJAN KUIVAUS

Korjattu sato on erittäin kosteaa, jonka vuoksi se pilaantuu ilman käsittelyä. Tämän vuoksi viljasadon säilyttämiseksi yleisin tapa on kuivata sato. Kuivaamalla estetään mikrobitoisuus, joka aiheuttaa sadon pilaantumisen. Muita tapoja mikrobitoisuuden estämiseen kuivaamisen lisäksi on mm. happamoittaminen, pakastaminen sekä säilömällä sato ilmatiiviisti. (Ahokas, 2021.)

Vuodessa kuivurin käyttö vähäistä, jonka vuoksi pääomakustannukset ovat me-
noeristä suurimmat. Halvalla on silti mahdollista tehdä suuriakin energiasäästöjä
eristämällä kuivuri sekä käyttämällä sitä energiatehokkaasti. Energiakustannuk-
sia voidaan myös vähentää mm. ylikuivauksen vähentämisellä, lisäämällä läm-
pöntalteenotto tai käyttämällä luonnollista ilmaa kuivauksessa. Onkin hyvä vält-
tää yökuivausta, sillä tällöin ylikuivausta syntyy vähemmän ja energiaa voidaan
säästää 10–20 %. (Ahokas, 2021; Farm energy, 2019b.)

Kuivurissa on monesti paljon kuumia pintoja, joita ei normaalisti ole eristetty. Kui-
vausilman ollessa jopa 100 °C voi lämpötilaero ulkoilmaan olla suuri. Kuivurin
kuumien peltipintojen lämpöhäviöt ovat 300–500 W/m² (Wattia per neliometri),
joten kuumien pintojen eristämällä voidaan vähentää lämpöhäviötä ja näin saa-
daan prosessista energiatehokkaampi. Eristämisen arvoiset kohdat ja osat kui-
vurista ovat mm. kuivurin sivut, uunista tulevat kuumat puhallusilmaputket sekä
kuivauskennoston sisäänmenopuolen päädyt. Poistopuolen eristäminen ei puo-
lestaan vaikuta kuivaamisen kulkuun. Mittauksin on pystytty todistamaan, että
eristämällä on pystytty vähentämään lämpöhäviöitä sekä polttoaineen kulutusta
10–30 %. Säästöjen suuruuteen vaikuttaa myös suuresti puhallusilmaputkien pi-
tuus, sillä pitkillä putkien pituuksilla lämpöhäviöt ovat suuremmat. Eristäminen on
kuitenkin kannattavaa, joka ei vaadi suurta investointia ja se on helppo toteuttaa
itse. (Ahokas, 2021.)

8.1 Kuivauslämpötila

Eri viljalajit luovuttavat kosteutta eri lailla, varsinkin kuivauksen lopussa, jolloin kuivaaminen on hidasta. Näin ollen ei ole yhtä oikeaa ilmamäärää, jota kuivauksessa käytettäisiin, sillä täydellinen ilmamäärä on riippuvainen myös jyvien kosteuden luovutusnopeudesta, joka vaihtelee kuivauksen edetessä. Vaikka suuremmalla ilmamäärällä tehostetaan kosteuden poistamista ja näin lyhennetään kuivausaikaa, voi se olla energiatehokkuuden näkökulmasta huono vaihtoehto, sillä tällöin kosteuden siirtyminen jyvissä rajoittaa kuivumista. Pienempi ilmamäärä puolestaan saa aikaan kosteuden hitaamman poistumisen jyvistä, mutta voi siksi olla energiatehokkaampi vaihtoehto. Pieni ilmamäärä ei kuitenkaan kykene sitomaan kuivurista kaikkea jyvistä poistuvaa kosteutta. Rehuvilja voidaan kuivata korkeammassa lämpötilassa kuin siemen- tai leipävilja, sillä rehuominaisuudet pysyvät vielä 100–120 °C:n lämpötiloissa. Näin voidaan parantaa kuivurin kapasiteettia ja säästää energian kulutuksessa 5–10 %. Tällöin kuivurin eristämisen kannattavuus nousee. (Ahokas, 2021.)

8.2 Kuivurin kunto

Kuivurin kunnosta huolehtiminen on oleellista niin toimivuuden kuin prosessin tehokkuuden kannalta. Hyötysuhteeseen vaikuttaa suuresti kuivuriuunin kunto ja huonokuntoisena se saattaa päästä vuotamaan ilmaa kuivauskennojen ja liitosten väleistä. Lisäksi mahdollisen varastosiilon vajaatäyttö on syy kuivausilman vuotamiselle. Öljykäyttöisten kuivuriuunit tulisi nuohota säännöllisesti, jonka lisäksi uunin suuttimien kunnosta sekä ilmamäärästä tulisi huolehtia. (Ahokas, 2021.)

Kuivurin tehokkuuteen vaikuttaa kuivurin koko ja kuivuriuuni, jonka tehon määräävät kuivauslämpötila sekä ilmamäärä. Kuivaus perustuu siihen, että kuivausuuni lämmittää ilmaa. Tällöin ilmaan sitoutuu suuri määrä kosteutta, joka poistuu ilman mukana kuivurista. (Ahokas, 2021.)

8.3 Kuivurityypit

Kuivurityypit jaetaan lämmin- ja kylmäilmakuivureihin sekä erä- ja jatkuvatoimisiin kuivureihin. Näiden lisäksi käytössä on myös varastokuivureita ja pakastekuivureita. Suomessa yleisin kuivurityyppi on lämminilmaeräkuivuri. (Viita, 2013.)

8.3.1 Kylmä- ja lämminilma sekä varastokuivurit

Kylmäilmakuivureiden käyttö on vähentynyt ajan myötä ja niiden toiminta perustuu suuren ilmamäärän puhaltamiseen viljamassan läpi, jonka vuoksi energiatehokkuus on lämminilmakuivureita parempi. Suomessa ilmaston ja sääolosuhteiden vuoksi kylmäilmakuivureilla kuitenkin saavutetaan harvemmin alle 14 %:n kosteus. Mikäli vilja on tarkoitus myydä, on kuivauksessa käytettävä lisälämpöä. Kuivuminen kylmäilmakuivureissa on hidasta, mutta ne ovat kooltaan yleensä suuria. (Ahokas, 2021; Vornanen, 2016.)

Tyypillisesti lämminilmakuivurin kuivauslämpötila on 60–70 °C. Kuivausilman lämmitystarve riippuu kuivurin imuilman eli ulkoilman lämpötilasta. Näin ollen ulkolämpötilan suuruus vaikuttaa kuivurin tehontarpeeseen ja energian kulutukseen. Energiaa voidaan säästää 10–20 % kuivaamalla ulkolämpötilan mukaan. (Ahokas, 2021.)

Varastokuivureissa on yleensä 2–3 m:n paksuinen viljakerros tuuletettavan pohjan päällä, joka saa aikaan suuren vastapaineen, jolloin puhallinteho kasvaa. Mikäli viljakerros on alle yhden metrin, on taloudellisuus tällöin heikko verrattuna kylmäilmakuivuriin. Kuivaus alkaa varastokuivureissa siilon pohjalta, jolloin kuivumisessa ilmaan sitoutuu viljasta vapautuva kosteus, jonka jälkeen kostea ilma menee koko viljakerroksen läpi. Tämän seurauksena viljakerroksen pinta pysyy kosteana pitkään, joka voi johtaa viljan pilaantumiseen. Tämän vuoksi viljaa on usein sekoitettava ja kierrätettävä taukoamatta. (Ahokas, 2021.)

8.3.2 Erä- ja jatkuvatoimiset kuivurit

Suomessa yleisestikin käytetty eräkuivuri täytetään erissä. Kuivurissa viljaa kierätetään elevaattorin avulla niin kauan kunnes vilja on tarpeeksi kuivaa. Tämän jälkeen vilja tulee vielä jäähdyttää ennen varastointia, sillä lämmin varastoitu vilja pilaantuu varastosiilossa. (Vornanen, 2016.)

Jatkuvatoiminen kuivuri säästää aikaa, sillä sen käyttämisen aikana aikaa ei kulu täyttämiseen ja tyhjentämiseen, mutta kuivuri on pidettävä silti täynnä uudella viljalla jatkuvasti. Jatkuvatoimisessa kuivurissa vilja kiertää kuivurin läpi ainoastaan kerran, jonka jälkeen se siirtyy varastosiiloon. Jäähdytys tapahtuu tällöin vasta varastosiilossa, jolloin vapautuva lämpö on mahdollista hyödyntää ja näin parantaa energiatehokkuutta. (Ahokas, 2021; Vornanen, 2016.)

8.4 Polttoaine

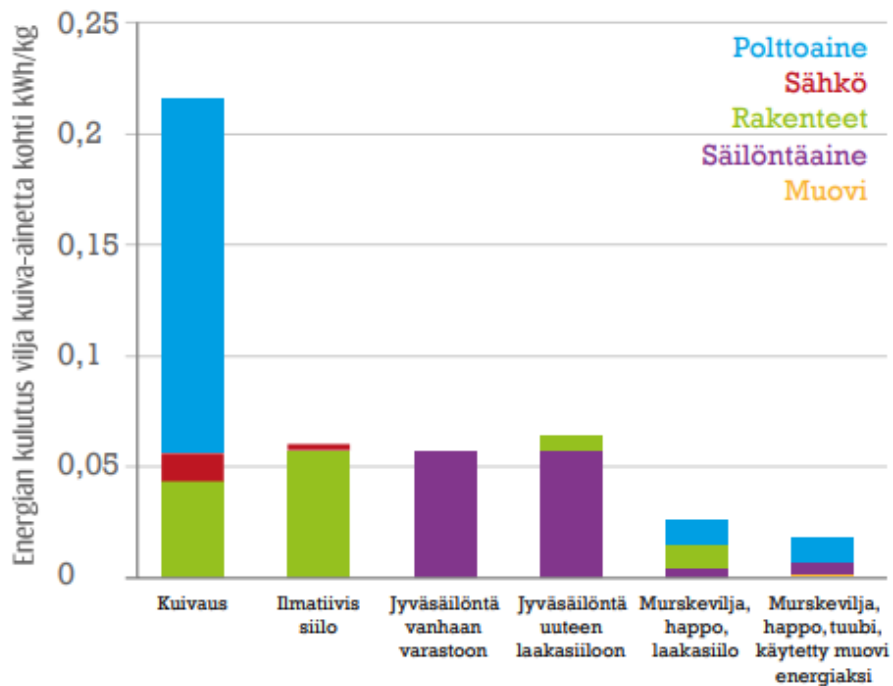
Kuivurin polttoaineista yleisimmät ovat öljy, kaasu, hake ja turve. Kotimaisilla polttoaineilla, kuten hakkeella ja turpeella ei suoranaisesti paranneta energiataloutta, mutta siinä siirrytään ilmastoystävällisempään polttoainevaihtoehtoon. Turpeen ja hakkeen heikkoudet ovat niiden tasalaatuisuudessa. Esimerkiksi niiden kosteus ja palokoko voi vaihdella suuresti laadun mukaan. Tämän vuoksi niiden polttaminen ei ole yhtä hyvä kuin öljyssä tai kaasussa. Lisäksi hyötysuhde on heikompi hakkeessa ja turpeessa, jonka vuoksi energiankulutus on tällöin suurempaa. Biopolttoaineiden käyttö ei aiheuta hiilidioksidipäästöjä, sillä ne sitoutuvat kasvien kasvuun uudelleen. (Ahokas, 2021.)

Biouunien teho on kuitenkin helpommin säädettävissä, kun verrataan öljyuuneihin, sillä polttoaineen syötöllä voidaan muuttaa myös uunin tehoa. Tällöin kuivauslämpötilan ylläpitäminen onkin helpompaa biouunilla eli käytännössä tällä tarkoitetaan automatiikan avulla toteutettua säätöä, jolla uuni pitää kuivausilman lämpötilan vakiona muuttamalla polttoaineen syöttöä. Tehoon vaikuttaa mm. polttoaineen kosteus, palakoko ja laatu. Mikäli jyvät ovat erittäin märkiä, tulee vettä poistaa viljasta suurempi määrä. Tällöin biouunin kannattavuus nousee. Valmiiksi

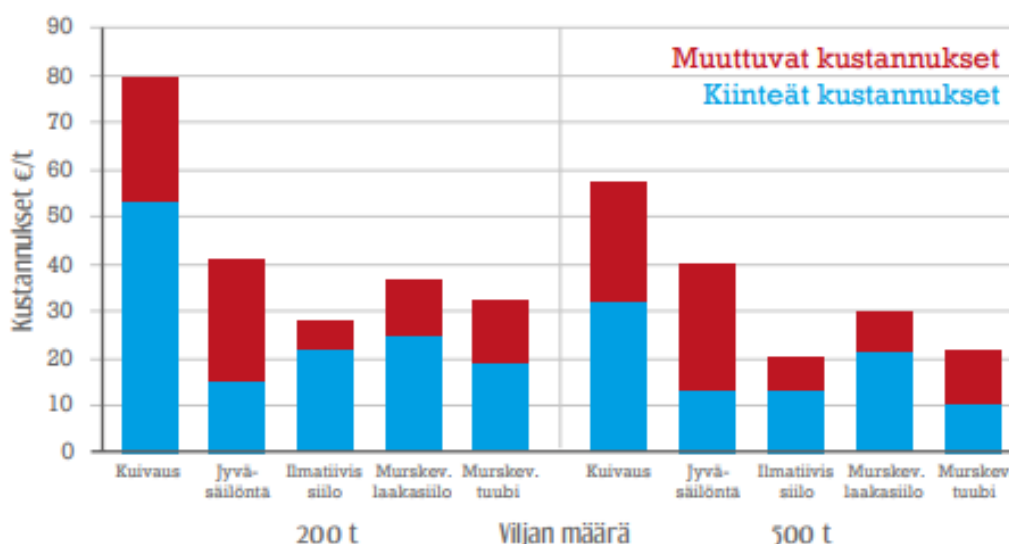
kuivemman viljan kanssa biouunin kannattavuus on silloin heikompi. (Ahokas, 2021.)

8.5 Muut säilöntämenetelmät

Kuivauksen lisäksi muita säilöntämenetelmiä ovat ilmatiivis- ja murskesäilöntä sekä jyväsäilöntä hapolla tai urealla. Näitä vaihtoehtoisia kuivausmenetelmiä kannattaa harkita silloin, jos vilja käytetään ainoastaan rehuksi. Viljan kuivaaminen kuluttaa eniten energiaa näistä säilöntämenetelmistä (KUVA 5), mutta muissa tavoissa voi esiintyä enemmän työvaiheita, eikä viljan kauppakelpoisuutta voida taata täysin. Energian kulutusten lisäksi on hyvä myös huomioida varastointimenetelmien kiinteät- ja muuttuvat kustannukset (KUVA 6). (Ahokas, 2021.)



KUVA 5. Eri viljansäilöntämenetelmien energian kulutuksia (Ahokas, 2021.)



KUVA 6. Eri viljansäilöntämenetelmien kustannuksia (Ahokas, 2021.)

Kuvan 6 laskelmassa kuivauksen kuivuriuunina on käytetty öljyuunina. Pitää huomioida myös, että biouunina käyttäessä polttoaine kustannukset vähenevät tai poistuvat lähes kokonaan. Kalliimman polttoaineen vuoksi kiinteät kustannukset kuitenkin lisääntyvät hiukan. (Ahokas, 2021.)

8.5.1 Ilmatiiivis varastointi

Kaasutiivis tornisiilo on yleisin ilmatiiiviin varastoinnin tapa. Toiminta perustuu viljan hengityksen ja mikrobitoiminnan nopeaan hapen kulutukseen, jonka vuoksi hiilidioksidipitoisuus kasvaa, jonka ansiosta haitallinen mikrobitoiminta estyy. Hiilidioksidia lisäämällä säilöntää voidaan tehostaa entisestään. Tutkimuksissa viljan tavoite kosteudeksi on annettu 20–25 %. Erittäin kostea vilja saattaa aiheuttaa ongelmia tyhjennyksessä. Esimerkiksi Suomessa vilja voi jäättyä purkulaitteisiin tai siiloon talvisin. Ilmatiiiviissä varastoinnissa viljan koostumus ei juurikaan muutu, joten vilja sopii ravinnoksi kaikille eläinryhmille. Varastoinnissa kiinteät kustannukset ovat suuret, mutta käyttökustannukset ovat pienet. (Ahokas, 2021.)

8.5.2 Kokojyvässäilöntä

Kokojyvässäilönnässä viljanjyvät säilötään propionihapolla. Happo imeytyy nopeasti jyviin, jonka vuoksi mikrobitoiminta loppuu vuorokauden kuluessa. Kokojyvässäilöntä on yleisesti erittäin yksinkertainen tapa. Vilja lasketaan hapotinlaitteistolla varustetulle ruuvikuljettimelle. Viljan kosteuden kasvaessa on lisättävä hapon määrää. Viljan kosteuden ja hapon määrän määrittäminen onkin tarkkaa säilymisen varmistamiseksi. Onkin tärkeää noudattaa annosteluohjeita. Muurahaishappoa ei saa käyttää homehtumisriskin vuoksi. Jyvässäilöntä mahdollistaa monenlaisten varastojen käytön, mutta propionihapon aiheuttama syövytys tulee ottaa huomioon. Varastosta riippuen, jyvässäilönnässä kiinteät kustannukset ovat alhaiset, mutta muuttuvat kustannukset saattavat olla korkeat varsinkin kostealla viljalla, jolloin säilöntäaineita kuluu enemmän. (Ahokas, 2021.)

8.5.3 Murskesäilöntä

Murskesäilönnässä jyvät litistetään ennen varastoon siirtämistä valssimyllyä käyttämällä. Menetelmä perustuu viljan maitohappokäymiseen sekä hapettomuuteen. Maitohappokäymistä tehostetaan käyttämällä AIV-happoa, biologista tai sokeripitoista säilöntäainetta. Murskeviljan kosteudeksi suositellaan yleensä 35–45 %. Tätä kuivempaa viljaa säilötään murskemenetelmällä tornisiiloon tai tuubiin, sillä tällöin säilyvyys perustuu pikemminkin hapettomuuteen, eikä niinkään maitohappokäymiseen. Tarve Säilöntäaineelle on tällöin suurempi. Viljan kosteuden ollessa 40 %, on suositeltavaa käyttää muurahaishappopohjaisia säilöntäaineita. (Ahokas, 2021.)

Murskeviljasäilöntä mahdollistaa monet varastointi vaihtoehdot. varastointi laakasiiloon tai aumaan vaatii tehokkaan tiivistämisen, jotta saavutetaan hapettomuus. Tornisiiloa käyttäessä on huomioitava, että siilo kestää happamuutta. Murskevilja voidaan myös varastoida muovituubiin tai paaliin. Menetelmä on erityisesti ihanteellinen nautojen seosrehuruokintaan. Murskesäilötty vilja alkaa tyhjentämisen jälkeen pilaantua kuitenkin nopeasti. Kustannukset riippuvat käytetystä varastointimenetelmästä. Ruokinnassa murskeviljaa otetaan kuitenkin vain vähän kerralla sen lämpenemisen välttämiseksi. Tämän vuoksi varastojen tulisi

olla lähellä navettaa tai aperehukeskusta, jotta kuljetusmatkat eivät olisi liian pitkiä. (Ahokas, 2021; Turunen, 2021b.)

9 POHDINTA

Edellä käsiteltyjen asioiden yhteydessä tulee ilmi, että energiaa on mahdollista säästää jopa pienilläkin asioilla. Olisikin erittäin tärkeää, että uudiskohteissa suunnittelijat sekä tilaaja olisivat perillä kyseisistä asioista. Näin parannetaan tilan kannattavuutta, sillä kulutusta vähentävillä tekijöillä voi olla myös positiivinen vaikutus tuottavuuteen. Myös jo olemassa olevilla tiloilla investointeja kannattaa pohtia ja suunnitella tarkkaan, sillä vääränlaisilla laitehankinnoilla säästöä ei välttämättä synnykään. Investoinneille ei olekaan yhtä oikeaa kaavaa, vaan ne on aina mietittävä tapauskohtaisesti. Esimerkiksi sähköinen ruokinta saattaa osoittautua halvemmaksi vaihtoehdoksi toisessa kohteessa, kun taas toisessa se voi olla kalliimpi vaihtoehto, verrattuna traktorilla suoritettavaan ruokintaan. Tähän vaikuttaa esimerkiksi karjan tuotos ja laitteiden kestoikä.

Suurien hankintojen kohdalla pelko epäonnistumisesta voi johtaa siihen, että energiatehokkaat ratkaisut jäävät toteuttamatta. Investointeja miettiessä tulisikin aina pohtia sopiva takaisinmaksuaika sekä tehdä tarvittavia taloudellisia laskelmia. Lisäksi jo suurilla ja tuottavilla tiloilla ei välttämättä osata nähdä tarvetta investointeihin tai muutoksiin, sillä nykyistä järjestelmää ei haluta lähteä muuttamaan.

Rakennusten energiatehokkuuteen panostetaan jatkuvasti lakien ja asetusten avulla. Joulukuussa 2023 Euroopan parlamentin jäsenvaltiot sopivat suunnitelmista energiankulutuksen ja kasvihuonekaasujen vähentämiseksi. Sopimuksen mukaan mm. maatalousrakennukset voidaan jättää päivitetyn energiatehokkuusdirektiivin ulkopuolelle. (Maaseudun Tulevaisuus, 2023.)

Tiloilla omasähkön tuotanto on myös tullut näkyväksi, sillä maatilat ovat mitä mainioimpia paikkoja esimerkiksi aurinkoenergian hyödyntämiseen niiden suurien katto pinta-alojen vuoksi. Omasähköntuotannolla ei niinkään vaikuteta energiatehokkuuteen, mutta sillä voidaan vähentää ostettavan sähkön määrää sekä parantaa E-lukua, jos sellainen lasketaan.

LÄHTEET

- Ahokas, J. 2021. Viljankuivaus. Energia akatemia. PDF-dokumentti. Viitattu 31.1.2024. <https://www.energia.agrotekno.fi/wp-content/uploads/2021/04/viljan-kuivaus.pdf>
- Energiavirasto. n.d-a. Energiatehokkuus. Verkkojulkaisu. Viitattu 1.2.2024. <https://energiavirasto.fi/energiatehokkuus>
- Energiavirasto. n.d-b. Energiatehokkuussopimukset. Verkkojulkaisu. Viitattu 19.2.2024. <https://energiavirasto.fi/energiatehokkuussopimukset>
- Eskelinen, P. 2015. Lypsykarjanavetan energiankulutus. Verkkojulkaisu. Viitattu 19.2.204. <https://cdn.valio.fi/mediafiles/e2595a50-2d76-4972-8e68-c7652f8804cf>
- Farm energy. 2019a. Farm lighting energy efficiency checklist and tips. Verkkojulkaisu. Viitattu 8.1.2024. <https://farm-energy.extension.org/farm-lighting-energy-efficiency-checklist-and-tips/>
- Farm energy. 2019b. Grain drying energy efficiency checklist and tips. Verkkojulkaisu. Viitattu 30.1.2024. <https://farm-energy.extension.org/grain-drying-energy-efficiency-checklist-and-tips/>
- Farm energy. 2019c. Introduction to farm buildings energy and conservation. Verkkojulkaisu. Viitattu 8.1.2024. <https://farm-energy.extension.org/introduction-to-farm-building-energy-and-conservation/>
- Hissa, P. Lehmien lämpöstressi. Verkkojulkaisu. Viitattu 30.1.2024. <https://www.hankkija.fi/rehut/nautojen-rehut/ia-lehmien-lampostressi-2037227/>
- Kylmäkärki. 2018. Aquarius puolittaa maidon jäädyttämiseen käytettävän energian. Verkkojulkaisu. Viitattu 25.1.2024. <https://kylmakarki.fi/aquarius-puolittaa-maidon-jaahdyttamiseen-kaytettavan-energian/>
- Ledistys. 2020. Miten navetan valaistus vaikuttaa lypsykarjatilan arkeen. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.1.2024. <https://ledistys.fi/blogi/miten-navetan-valaistus-vaikuttaa-lypsykarjatilan-arkeen/>
- Ledistys. 2023. Miksi loisteputkivalaisimen tilalle kannattaa vaihtaa kiinteä led-valaisin eikä led-valoputki. Verkkojulkaisu. Viitattu 26.1.2024. <https://ledistys.fi/blogi/miksi-loisteputkivalaisimen-tilalle-kannattaa-vaihtaa-kiinteä-led-valaisin-eikä-led-valoputki/>
- Luonnonvarakeskus. 2022. Maatalouslaskenta 2020: Maa- ja puutarhatalouden energiankulutus 2020. Verkkojulkaisu. Viitattu 5.2.2024. <https://www.luke.fi/fi/ti-lastot/maa-ja-puutarhatalouden-energiankulutus/maatalouslaskenta-2020-maa-ja-puutarhatalouden-energiankulutus-2020>

Maaseudun Tulevaisuus. 2023. Euroopan parlamentti ja neuvosto pääsivät sopuun rakennustehokkuusdirektiivistä – maatalousrakennukset voidaan jättää uusien sääntöjen ulkopuolelle. Verkkajulkaisu. Viitattu 19.4.2024.

<https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/uutiset/75b9ebbf-d3cd-4993-b6b4-ffde47588472>

Motiva. 2023a. Energiatehokkuusdirektiivi (EED). Verkkajulkaisu. Viitattu 1.2.2024. https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/direktiivit/energiatehokkuusdirektiivi_%28eed%29

Motiva. 2023b. Rakennusten energiaterhokkuusdirektiivi. Verkkajulkaisu. Viitattu 1.2.2024. https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/direktiivit/rakennusten_energiaterhokkuusdirektiivi

Paludetti, L., Kelly, A., O'Brien, B., Jordan, K. & Gleeson, D. 2018. The effect of different precooling rates and cold storage on milk microbiological quality and composition. Journal of Dairy Science. PDF-dokumentti. Viitattu 19.2.2024.

https://www.teagasc.ie/media/website/animals/dairy/Effect_different_precooling_rates_cold_storage_milk_microbiological_quality_composition.pdf

Salomaa, P. 2023. Sähkön kulutus laskenut teollisuudessa, kotitalouksissa ja maataloudessa. Verkkajulkaisu. Viitattu 30.1.2024. <https://www.epressi.com/tiedotteet/energia/sahkon-kulutus-laskenut-teollisuudessa-kotitalouksissa-ja-maataloudessa.html>

ST-ohjeisto 15 Rakennusten energiaterhokkuus. 2017. ST-kortisto. Sähköinfo Severi. Viitattu 1.2.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi.sahkoinfo.fi/>

Tilastokeskus. 2021. Suomi ylitti vuoden 2020 tavoitteensa – uusiutuvan energian osuus loppukulutuksesta nousi 44,6 prosenttiin. Verkkajulkaisu. Viitattu 18.3.2024. https://www.tilastokeskus.fi/til/ehk/2020/ehk_2020_2021-12-16_tie_001.fi.html

Tukes. n.d. Loisteputkivalaisimen muuttaminen led-valoputkikäyttöön. Verkkajulkaisu. Viitattu 26.1.2024. <https://tukes.fi/sahkotyot-ja-urakointi/loisteputkivalaisimen-muuttaminen-led-valoputkikayttoon>

Turunen, M. 2021a. Lannanpoiston energiankulutus. Energia akatemia. PDF-dokumentti. Viitattu 11.3.2024. https://www.energia.agrotekno.fi/wp-content/uploads/2021/04/Lannanpoiston-energiakulutus_netti.pdf

Turunen, M. 2021b. Lypsylehmien ruokinnan energiankulutus. Energia akatemia. PDF-dokumentti. Viitattu 6.3.2024. https://www.energia.agrotekno.fi/wp-content/uploads/2021/04/Lypsylehmien_ruokinnan_energiankulutus_netti.pdf

Turunen, M. 2021c. Lypsyn energiankulutus. Energia akatemia. PDF-dokumentti. Viitattu 19.2.2024. https://www.energia.agrotekno.fi/wp-content/uploads/2021/04/lypsyn_energiankulutus_netti.pdf

Turunen, M. 2021d. Maidon varastointi ja energiasäätöt. Energia akatemia. PDF-dokumentti. Viitattu 22.1.2024. <https://www.energia.agrotekno.fi/wp-content/uploads/2021/04/Maidon-varastointi-ja-energiasaastot.pdf>

Työ- ja elinkeinoministeriö. n.d. Energiatehokkuus. Verkkojulkaisu. Viitattu 19.2.2024. <https://tem.fi/energiatehokkuus>

Valio. 2020. Tutkittua tietoa maidon jäähdytyksen energiankulutuksesta. Verkkojulkaisu. Viitattu 25.1.2024. <https://www.maitojame.fi/artikkelit/tutkittua-tietoa-maidon-jaahdytyksen-energiankulutuksesta/>

Valtioneuvoston asetus tuettavaa rakentamista koskevista lypsykarjarakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista 12.1.2012/8. Viitattu 26.1.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120008>

Viita, T. 2013. Viljankuivauksen energiatehokkuuden selvittäminen simuloimalla. Maisterintutkielma. Viitattu 5.2.2024. <https://helda.helsinki.fi/ser-ver/api/core/bitstreams/98cc88f8-19ff-42d9-8c2b-6f3a1710373e/content>

Vornanen, P. 2016. Viljakuivurien energiatarkestelu. Kandidaatintyö. Viitattu 31.1.2024. https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/123386/kandityo_vornanen_pasi.pdf